Neue Apparate und Beobachtungsmethoden.

Ueber einen Apparat zur Erkennung und Messung optischer Anisotropie undurchsichtiger Substanzen und dessen Verwendung.

Von **Joh. Königsberger** in Freiburg i. B.

(Mit 3 Textfiguren.)

(Schluß.)

Einwände gegen das Verfahren.

Ein wichtiger Einwand gegen die praktische Verwertung der Messungen der pleochroitischen Reflexion läßt sich aus Versuchen von P. DRUDE und H. DU BOIS herleiten. P. DRUDE¹ zeigte, daß die optischen Konstanten bei der von ihm angewandten Methode sehr stark durch geringe Veränderungen der Oberfläche beeinflusst werden, bei Bleiglanz z. B. ist für die frische Spaltfläche $n_k = 1,72$, $n = 4,3$; für die polierte Fläche $n_k = 1,86$, $n = 3$, das Reflexionsvermögen ist danach 44 % bzw. 38 %.

H. DU BOIS² fand, daß polierte Flächen eines Pyritkristalles einen Pleochroismus bis zu 5 % aufwiesen, obgleich dieser bei dem regulär kristallisierenden Pyrit nicht vorhanden sein dürfte. Da diese Anomalien den praktischen Wert der Messungen der Abhängigkeit optischer Konstanten von der kristallographischen Richtung sehr gering machen würden, habe ich die Ursachen eingehender untersucht. Herr H. DU BOIS hatte die große Freundlichkeit, seinen Pyritkristall mir zu leihen. Unter dem Mikroskop war sofort pleochroitische Reflexion zu beobachten und ungefähr von gleicher Größe, wie sie Herr H. DU BOIS nach seiner Methode berechnet hatte. Gleichzeitig zeigte sich aber mit der angewandten Vergrößerung, daß die Politur unvollkommen und eine Strichrichtung bevorzugt war. Nach den Untersuchungen von G. QUINCKE³, von H. DU BOIS⁴ und von H. DU BOIS und RUBENS⁵ bewirken

¹ P. DRUDE, WIED. 36. p. 549 u. p. 886. 1889.

² H. E. J. G. DU BOIS, WIED. ANN. 46. p. 542. 1892.

³ G. QUINCKE, POGG. ANN. 149. p. 273. 1873.

⁴ H. DU BOIS, WIED. ANN. 46. p. 552. 1892.

⁵ H. DU BOIS und H. RUBENS, 49. p. 593 und Ber. deutsch. phys. Ges. 2. p. 77. 1904.

Striche, welche zur Beugung des Lichtes Veranlassung geben, auch stets polarisierte Reflexion. Diese ist am stärksten, wenn alle Striche wie bei einem Beugungsgitter gleiche Richtung haben. Nur wenn die Striche gleichmäßig auf alle Richtungen verteilt sind, gibt die Gesamtwirkung wieder natürliches Licht. Daß in der Tat nur diese Striche die Ursache der polarisierten Reflexion waren, bewies das Verschwinden derselben, als eine der Flächen des Pyrits in der oben angegebenen Weise vollkommen spiegelnd poliert wurde. Diese Anomalie ist also nicht störend, da ihre Ursache bei Anwendung der üblichen Vergrößerung gleich bemerkbar ist und durch geeignete Politurbehandlung, wie sie im vorhergehenden beschrieben wurde, leicht vermieden werden kann.

Der von DRUDE beobachtete Einfluß der Oberflächenschichten ist bei Pleochroismusmessungen¹ nicht bemerkbar, wie folgende Versuche zeigten. Antimonglanz Verhältnis der Intensität des // a zu dem // c polarisierten Lichtes für $\lambda = 0,6 \mu$

frische Spaltfläche	0,899
10 Minuten alte Fläche	0,899
4 Wochen alte Fläche	0,897
Mit Wasser benetzte und getrocknete Fläche	0,894
Salzsäuredämpfen angesetzt Fläche	0,907
(Hat sich teilweise mit Ätzfiguren bedeckt.)	
Künstliche, gut polierte Fläche	0,900
Eine matt polierte Fläche zeigte allerdings nur	0,93.

Eisenglanz, natürliche Fläche: Intensitätsverhältnis .	0,901
Sog. angelaufene, wahrscheinlich mit Kieselsäure überzogene Fläche	0,900
Die natürliche Fläche, künstlich nachpoliert	0,902.

Wie neuere Beobachtungen² zeigen, treten die Oberflächenschichten optisch wirksam nur bei chemisch veränderlichen, leicht oxydierbaren Substanzen auf; die Wasserhäute haben auf Erze optisch keinen merkbaren Einfluß.

Aus diesen Zahlen folgt, daß selbst für sehr genaue Messungen stets leicht eine brauchbare Fläche gefunden oder anpoliert werden kann. Sind keine brauchbaren natürlichen Flächen da, so muß die Politur nur derart sein, daß auch mit starker 100facher Vergrößerung keine bestimmte Strichrichtung³ zu erkennen ist. Einzelne grobe Risse und Striche schaden dagegen gar nichts.

¹ Er ist überhaupt, wie a. a. O. gezeigt werden soll, bei senkrechter Reflexion lange nicht so störend wie bei schräger Incidenz-

² Vergl. C. FOERSTERLING, N. Jahrb. f. Min. etc. 25. p. 350. 1908 und J. KOENIGSBERGER und R. BENDER, Ann. Phys. August 1908.

³ Falls es sich nicht um sehr genaue Messungen handelt, genügt es zu sehen, ob in der polierten Fläche bei Spiegelung eines Fensters der Fensterrahmen schwarz erscheint; noch schärfer wird das Kriterium, wenn man vor einem Auerbrenner eine Blende aus schwarzem Karton anbringt.

Verwendung der Vorrichtung.

Die angestellten und teilweise im folgenden beschriebenen Versuche sind in keiner Beziehung vollständig; sie sollten nur Aufschluß geben, ob und inwieweit die Vorrichtung in einzelnen Gebieten der Mineralogie oder Physik von Nutzen sein kann; die eigentliche Anwendung muß der Spezialforschung überlassen bleiben.

I. Bestimmung der Auslöschungsschiefen.

Um bei stark absorbierenden Substanzen die Lage der optischen Symmetrielinien gegen die kristallographischen auf einer Fläche festzustellen, ist bisher nur die theoretisch wie experimentell schwierige Methode von JAMIN verwandt worden. So hat z. B. P. DRUDE¹ für den rhombischen Antimonglanz aus dem Einfallswinkel und Azimut einen Winkel von ca. 9° zwischen optischen und kristallographischen Symmetrierichtungen berechnet. E. C. MÜLLER² zeigte indes, daß dieser Unterschied durch eine nicht streng richtige Vereinfachung der Theorie bedingt ist und wies nach, daß optische und kristallographische Richtungen innert der Beobachtungsfelder (die etwa einem Unterschied von $30'$ beider Richtungen entsprechen dürften) zusammenfallen. Doch erfordert eine solche Folgerung aus der Methode von JAMIN mehrere Tage rechnerischer und experimenteller Arbeit. — Bei der hier beschriebenen Vorrichtung braucht nur die Kontrastplatte (p. 568) eingesetzt und ein Satz von etwa 10—20 Ablesungen für Verschwinden der Streifen gemacht zu werden, was in 10 Minuten geschehen ist. Mit dem Fadenkreuz wird festgestellt, welchen Winkel die kristallographische Haupttrichtung damit bildet. Für die Spaltfläche des Antimonglanz ergab sich aus 10 Messungen ein Zusammenfallen der optischen und kristallographischen Richtungen, d. h. für das Verschwinden der Streifen ein Winkel von 45° , mit einem Beobachtungsfehler von etwa $\pm 20'$.

Die Beobachtungen werden am besten so durchgeführt, daß man für die vier 45° -Stellungen je 2 Ablesungen von rechts und links her macht, und das Verschwinden der Streifen notiert. Die Genauigkeit der Messung hängt natürlich von der Stärke der Anisotropie ab. Antimonglanz hat auf der Spaltfläche eine Anisotropie mittlerer Größe. Die Methode kann also verwandt werden, um zu sehen, ob ein Kristall wirklich rhombische oder monokline Symmetrie besitzt.

II. Feststellung von Isotropie oder Anisotropie.

Wenn eine Substanz anisotrop ist, so müssen für fast alle Flächen (wenn der Kristall einachsigt ist, mit Ausnahme der

¹ P. DRUDE, WIED. ANN. **34**. p. 489. 1888.

² E. C. MÜLLER, N. Jahrb. f. Min. etc. Beil.-Bd. **17**. p. 187. 1903.

Fläche $\perp$ zur Achse, wenn sie zweiachsig mit Ausnahme von zwei Flächen, wie später im theoretischen Teil gezeigt werden soll) bei Drehung des Mikroskoptisches die Streifen der Savartplatte erscheinen und verschwinden. Selbstverständlich kommt hier die Empfindlichkeit der Methode sehr in Betracht. Bei Verwendung der Kontrastplatten wird man Unterschiede im Reflexionsvermögen von $\frac{1}{2}\%$ sicher auffinden können. Dies entspricht etwa, wenn wir, was in erster Annäherung zutrifft, von der Absorption absehen, einer Doppelbrechung von $0,6\%$ (für $n = 2,5$ mittlerer Wert für Erze). Für durchsichtige Substanzen kann man bekanntlich ohne Schwierigkeit Unterschiede von $0,05\%$ der Doppelbrechung im Dünnschliff bei durchgehendem Licht und gekreuzten Nicols wahrnehmen und durch Vergrößerung der Plattendicke jede beliebige Genauigkeit erreichen. Bei der hier beschriebenen Methode ist die Genauigkeit, weil die Plattendicke gleichgültig ist, viel geringer, nämlich wie oben berechnet, nicht mehr als $0,6\%$. Man wird daher manche anisotrope Kristalle für isotrop halten; doch gibt es vorläufig keine besseren Methoden für undurchsichtige anisotrope Substanzen. Bisweilen ist eine Substanz für eine Farbe scheinbar isotrop, für eine andere aber nicht mehr. Das kann dadurch zustande kommen, daß die Anisotropie von n und von nk für eine Farbe zufällig im entgegengesetzten Sinne wirken und daher das Reflexionsvermögen, das sich aus beiden zusammensetzt, scheinbare Isotropie zeigt. Es ist ein ähnlicher Fall, wie wenn der Achsenwinkel rhombischer Substanzen für eine Farbe gleich Null wird. Wenn die Anisotropie mit der Wellenlänge ihr Zeichen wechselt, kann im weißen Licht scheinbare Isotropie vorhanden sein. Substanzen, deren Kristallsystem große Annäherung an eine bestimmte Symmetrie zeigt (wie z. B. Graphit und Molybdänlanz an hexagonale, oder der tetragonale Kupferkies an reguläre Symmetrie), zeigen, wie bekannt, auch in ihren physikalischen Eigenschaften in erster Annäherung die gleiche Symmetrie. Daher wird optisch für absorbierende Substanzen auf diesem Wege nicht immer eine Entscheidung möglich sein, weil die Methode ganz kleine Unterschiede nicht wahrzunehmen erlaubt. Dagegen wird in folgenden Fällen die optische Untersuchung Aufschluß bringen:

1. Wenn die Symmetrie durch versteckte Zwillingsbildung erreicht wird. Diese ist leicht, wie p. dargelegt, optisch wahrnehmbar.

2. Wenn von einer Substanz Kristalle mit gut ausgebildeten Flächen nicht erhältlich sind, dann gibt die optische Untersuchung nach dieser Methode rascher und sicherer als die Untersuchung irgend welcher anderer physikalischer Eigenschaften über Isotropie oder Anisotropie Aufschluß.

3. Wenn, was ja häufig vorkommt, die kristallographischen

Messungen mehrere Werte des Achsenverhältnisses und verschiedene Annahmen für die Achsenrichtungen zweckmäßig erscheinen lassen. Dann kann Vergleichung der Größe und Richtung der optischen Anisotropie verwandter Kristalle für die Aufstellung maßgebend sein, wie z. B. bei den durchsichtigen Substanzen in der Feldspatgruppe. Selbstverständlich wird man aber nicht die „optischen Achsen“, d. h. die Richtungen isotroper Reflexion bei Zweiachsigkeit als ausschlaggebend betrachten; denn geradeso wie bei durchsichtigen Substanzen, sind nur die optischen Symmetrielinien (die Hauptachsen des Ellipsoids bei durchsichtigen Substanzen) und die Größe von n und n_k in diesen Richtungen, nicht aber die schon bei geringer Änderung des n sehr wechselnden Richtungen der optischen Achsen, maßgebend.

Ein besonderer Fall liegt bei Roteisenerz vor. Eine polierte Fläche parallel der Faserrichtung zeigte deutliche Anisotropie: $J_1 : J_2 = 0,82$. Dasselbe gilt für alle Flächen, mit Ausnahme der Fläche $\perp$ zur Faserung. Hier ist die pleochroitische Reflexion eine Folge der Struktur, geradeso wie die Aufhellung von Präparaten faserig struierter Substanzen im durchgehenden Licht zwischen gekreuzten Nicols. Auf die Theorie dieser Erscheinung soll a. a. O. eingegangen werden; im allgemeinen wird man ja schon an der äußeren Form der Mineralien leicht erkennen, ob die Anisotropie durch Faserstruktur oder durch die Kristallsymmetrie bedingt ist. Streifung einer Fläche kann — wie p. 598 auseinandergesetzt — leicht zu scheinbarer Anisotropie Veranlassung geben. Daher ist eine solche Fläche erst gut zu polieren.

Hier seien kurz einige weitere Resultate angegeben: Molybdänglanz // Basis, Spaltblättchen, ist absolut isotrop, ebenso Eisenglanz // Basis, ferner stets Pyrit, Chromeisenerz, Franklinit, Argentit, Fahlerz. Nicht ganz sicher ist die Isotropie von Graphit // Basis. Von Magnetkies // Basis von Morrho Velho schien das Spaltungsstück und die polierte Fläche aus schwach anisotropen Teilen zusammengesetzt. Glaukodot ist auf der Basis $\perp c$ nur sehr schwach anisotrop; er enthält stark anisotropes hellgelb reflektierendes Material, Kupferkies, eingelagert. Kupferkies, Melanit, Journonit, Skleroklas sind anisotrop. Kupferglanz ist auf der Basis isotrop. Stark anisotrop sind Manganit, ziemlich stark Columbit, Hämatit, Ilmenit.

Untersuchung von Meteoriten.

Meteoreisen lassen sich leicht nach beiden angegebenen Methoden polieren.

Ein Stück Meteoreisen von Cañon Diablo zeigt eine schwache aber deutliche Anisotropie der Grundmasse; ein

Justierungs- oder Polaturfehler lag nicht vor. Die Orientierung der Anisotropie ist im ganzen Stück dieselbe.

Ein Stück Meteoreisen von Toluca zeigte nur eine äußerst schwache Anisotropie der Hauptmasse; dagegen weisen verschiedene Stellen, die auch schon durch die Stärke der Reflexion verschieden sind, starke Anisotropie an.

Die ganz schwache gleichförmige Anisotropie der Meteor-eisen-Grundmasse kann durch Spannungen infolge rascher Erwärmung und Abkühlung, vielleicht aber auch infolge der Umwandlungen, welche die ganze Eisenmasse nach den Studien von F. RINNE und H. BOEKE und von BERWERTH erfahren haben muß, hervorgerufen sein. Bekanntlich haben zuerst KUNDT, dann KAEMPF, NAKAMURA und AMBRONN gezeigt, daß Metalle durch Zug und Druck optisch anisotrop werden und zwar ändert sich, wie NAKAMURA zeigte, hauptsächlich der Brechungsindex, weniger die Absorption. Daß auch ohne äußere Einwirkung genügende Spannungen vorhanden sein können, zeigte mir die optische Beobachtung an elektrolytisch niedergeschlagenem Nickel¹.

Die starke Anisotropie der in die Grundmasse des Meteor-eisens von Toluca eingelagerten Leisten von Eisen oder einer Eisenverbindung wird wohl aus der chemischen und kristallographischen Beschaffenheit derselben zu erklären sein. Die Untersuchung der Meteoriten mit der Vorrichtung muß der Spezialforschung auf diesem Gebiet überlassen bleiben.

Untersuchung von Verwachsungen und Zwillingsbildungen absorbierender Kristalle.

Die Methode kann in vielen Fällen sehr gut darüber Aufschluß geben, ob ein absorbierender Kristall einheitlich oder zusammengesetzt ist. Als Beispiel sei hier der Pyrit vom Schauinsland bei Freiburg i. B. gegeben. Es sind kugelig-tranbige Bildungen, die sich auf den meisten Erzstufen des Schauinsland finden, und die meist als Pyrit² gedeutet worden sind. Die polierte Fläche läßt unter dem Mikroskop sofort erkennen, daß ein Teil und zwar meist größere zusammenhängende Partien isotrop und demnach Pyrit sind, während leistenförmige strahlige Stücke starke Anisotropie besitzen und demnach Markasit sind, der aber in der ganzen Kugel meist ziemlich gleichmäßig orientiert ist.

Ein weiteres Beispiel bietet der Magnesioferrit von Stromboli den ich Herrn Prof. BERGEAT³, verdanke. Die optische

¹ Über diese und analoge Versuche von mehr physikalischem Interesse soll a. a. O. berichtet werden.

² J. LANG, Beitrag zur Kenntnis der Erzlagerstätte am Schauinsland. Diss. Freiburg 1903. p. 20.

³ A. BERGEAT, Äolische Inseln, Abhandl. Münch. Akad. II. Cl. 20. 1. p. 47.

Untersuchung zeigt, daß er aus schwach reflektierenden isotropen Massen (Spinell vergl. BERGEAT l. c.) und aus einem stark reflektierenden anisotropen Eisenglanz besteht, dessen Orientierung wechselt.

An Markasitkristallen lassen sich die komplizierten Zwillingsverwachsungen auf den ersten Blick wahrnehmen. Besonders deutlich tritt die verschiedene Orientierung der Individuen hervor, wenn man für ein Individuum mit Hilfe der drehbaren Glasplatte kompensiert, so daß die Streifen verschwinden, so treten die Streifen im benachbarten um so stärker auf. Einige Markasite von Leitmeritz sind dagegen einheitlich. In Pyrolusitvorkommen ist die verschiedene Orientierung der anisotropen Nadeln sofort erkennbar. Eine Pseudomorphose nach Eisenglanz aus Brasilien erwies sich als isotrop.

Untersuchung von Erzstufen.

Ähnlich wie das Studium eines Gesteinsdünnschliffes, wenn auch weit weniger genau und schwieriger, ist die optische Untersuchung von Erzstufen. Die erste Unterscheidung ist die in isotrope und anisotrope Erze. Für anisotrope Erze muß dann untersucht werden, ob die Richtung größter oder kleinster Reflexion mit einer Kristallkante oder mit Spaltrissen zusammenfallen. Dies und die etwaige Gestalt des Durchschnitts ermöglicht zunächst die Teilung in quadratische, hexagonale, rhombische Erze und in monokline und triklone Erze.

Eine einfache Erkennung von einachsigen und zweiachsigen Kristallen scheint mir nach dieser Methode vorläufig nicht möglich, da paralleles Licht verwandt werden muß¹. Hingegen ist die Größe der anisotropen Reflexion für die einzelnen Mineralien ein charakteristischer Parameter. Die Dicke der Platte kommt nicht in Betracht, wie bei durchsichtigen Substanzen im durchgehenden Licht. Jedoch muß, geradeso wie bei der Untersuchung des Dünnschliffs, die Lage des Schnitts, hier die kristallographische Lage der angeschliffenen Fläche bekannt sein. Die Mittel, um sie festzustellen, sind dieselben wie bei der Untersuchung des Dünnschliffs, nämlich: Begrenzung der Fläche und Verlauf der Spaltrisse. Selbstverständlich kann auch hier die statistische Methode von MICHEL-LÉVY die Kenntnis der Flächenlage ersetzen. Um aber derartige Methoden anzuwenden, müßte, wie bei durchsichtigen Substanzen die Größe der Doppelbrechung für die Hauptrichtungen bekannt ist, hier die Stärke der Reflexionsanisotropie für eine bestimmte

¹ Erscheinungen analog den Achsenbildern wären nur beobachtbar, wenn man die Anisotropie des Phasensprungs sichtbar machen und messen würde. Dies ist zwar, wie Versuche zeigten, recht gut möglich, aber diese Anisotropie ist doch klein.

Farbe für die Hauptrichtungen der wichtigsten Erze gemessen werden, eine Aufgabe, die durchzuführen der Verf. nicht in der Lage ist.

Es sei hier nur bemerkt, daß für Na-Licht:

$$R_a : R_o \text{ bei Eisenglanz} = 0,881,$$

wobei R_a die Reflexion für den ordentlichen Strahl, d. i. für Schwingung des elektrischen (Fresnel'schen) Vektors $\perp$ zur Achse, und R_o für den außerordentlichen Strahl bedeutet. Für die Spaltfläche des Antimonglanz ist $R_a : R_o = 0,893$ ($R_a =$ Reflexion für die Schwingung des elektrischen Vektor $\parallel$ a-Achse). Mehr qualitative Beobachtungen wurden an andern Kristallen angestellt.

Einige Erzstufen wurden auf diese Art untersucht, so vom Teufel bei Amsteg, in dem das Arsenfallerz sofort durch seine Isotropie von ähnlich aussehenden rhombischen Fahlen zu unterscheiden ist. Erzstufen aus den Alpen, die starken Pressungen ausgesetzt waren, zeigen bisweilen Anomalien, so ist gequetschter Bleiglanz von Inschialp etwas anisotrop, während Bleiglanz von andern Fundorten isotrop ist.

Anwendung in der Metallographie.

Hier dürfte am wichtigsten der Fall sein, wenn in einer Legierung isotrope und anisotrope Bestandteile vorkommen, z. B. Legierungen, an denen Zinn, Antimon, Wismut etc. beteiligt sind.

Ferner lassen sich auf diese Art Graphitquerschnitte, die anisotrop sind, von dem regulären Silicium unterscheiden etc. Auch läßt sich, was bisher noch nicht bekannt, feststellen, in welchem Kristallsystem Titan und Zirkon kristallisieren, nämlich regulär also vermutlich isomorph mit Silicium. Allerdings sind im Titanmetall auch anisotrope Stellen anzutreffen. Ebenso liegt die Anwendung auf undurchsichtige Metallverbindungen auf der Hand. Ein Blick in die „Chemische Kristallographie“ von P. GROTH zeigt, daß manche bisher ungelöste, chemisch interessante Fragen über Isomorphie auf optischem Wege ganz oder teilweise zu beantworten sind.

Ferner wäre es wohl möglich, daß Spannungen und Inhomogenitäten in einem Gußstück auf diese Art bemerklich würden. Leider steht mir kein Material zur Verfügung, um diese Ansicht zu prüfen; nach dem was ich an elektrolytischem Nickel beobachtete, wäre eine schwache mit Kontrastplatte wahrzunehmende Anisotropie wohl möglich. Eine starke gleichförmige Anisotropie $R_1 : R_2 = 0,94$ zeigt auch Nickelstahl, den ich der Liebenswürdigkeit von Herrn Prof. GUILLAUME in Sèvres verdanke. Gleichförmiges Erscheinen der Streifen bei etwas gehobenem Tubus kann nur durch eine gleichförmige Orientierung

anisotroper Bestandteile oder eine gleichförmige Spannung erklärt werden. Der geringe Ausdehnungskoeffizient des Nickelstahls weist wohl auf das letztere hin. Anthracit ist häufig anisotrop, weiche Kohle selten. Metalle wie Kupfer, Silber, Gold, Platin sind stets, falls keinem Zwang unterworfen, isotrop, offenbar gleichen sich etwaige Spannungen in ihnen rasch aus. Nickel in dünnen Schichten oder massiv ist meist etwas anisotrop.

Interessant ist, daß in den Zinn-Antimonlegierungen alle Zinnkristalle der Grundmasse optisch gleich orientiert sind. Die Anisotropie von Zinn, Antimon, Wismut ist in den Legierungen, in denen diese Metalle für sich ausgeschieden sind, wie in den Kristallen des reinen Metalls sofort erkennbar. Man sieht auch, daß in einem Zinnstück die einzelnen Kristalle optisch übereinstimmend orientiert sind. Viele Metalle verhalten sich in dieser Beziehung ähnlich wie Eis.

Personalia.

Dr. H. E. BOEKE hat sich an der Universität Königsberg i. Pr. für Mineralogie habilitiert.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: [1908](#)

Autor(en)/Author(s): Königsberger Joh.

Artikel/Article: [Ueber einen Apparat zur Erkennung und Messung optischer Anisotropie undurchsichtiger Substanzen und dessen Verwendung. \(Schluß.\) 597-605](#)